

**Ивановская область
ГАУДПО ИО «Университет непрерывного
образования и инноваций»
Объединение «ЭКОМИР»**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Автор работы:

Агапов Дмитрий Андреевич,
5 класс, объединение «Экомир»

Научный руководитель:

Гусева Анна Юрьевна,
заместитель директора
по работе с одаренными детьми,
пдо, канд. биол. наук

Место выполнения работы: Государственное автономное учреждение дополнительного профессионального образования Ивановской области «Университет непрерывного образования и инноваций»

Иваново, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Наименование раздела	Стр.
Введение	3
Глава 1. Обзор литературы	4
Глава 2. Материал и методика	6
Глава 3. Результаты работы	9
Выводы	18
Список литературы	19
Приложение	20

ВВЕДЕНИЕ

Биоиндикация - метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по особенности развития организмов-биоиндикаторов. Биоиндикаторы - это живые организмы, которые под воздействием окружающей среды будут изменять свой рост, форму. Это могут быть растения и другие живые организмы.

По современным представлениям биоиндикаторы – это организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания.

Условия, определяемые с помощью биоиндикаторов, называются объектами биоиндикации.

Растения реагируют на загрязнение окружающей среды и морфологически, и физиологически. Все процессы жизнедеятельности, в том числе и рост разных частей органов растения подвержены очень большой изменчивости, в зависимости от воздействия на них факторов. На большинстве территорий городской застройки естественные почвы просто отсутствуют. При подготовке территории для застройки происходит перемещение слоев почвы, при этом естественная почва оказывается в нижних слоях (Рыжов, Ягодин, 2000). Почти повсеместно в городских условиях отмечается уплотнение почв и грунтов. Почвы города являются накопителями целого ряда опасных веществ, попадающих из атмосферы с промышленными и коммунально-бытовыми отходами и стоками, с выбросами автотранспорта (Рыжов, Ягодин, 2000). Накопление в почве свинца влияют на уровень заболеваемости городских жителей, в том числе и детей. Важной проблемой является и искусственное засоление почвы, которое вызывает усиленную коррозию подземных коммуникаций и транспортных средств. Основным источником такого загрязнения является поступление в почву смеси из песка и соли при использовании противогололедных смесей. Аналогичные процессы отмечаются и вблизи автомагистралей, а также в местах внесения в почву значительного количества удобрений.

Таким образом, в условиях загрязнения наблюдается деградация почв, а в ряде случаев в почве накапливаются токсические вещества.

С этой точки зрения изучение токсичности почв с участков, расположенных вблизи образовательных и лечебных организаций является актуальным.

Цель данной работы - оценить уровень загрязнения исследуемых образцов почвы для участков, расположенных на разном удалении от источников загрязнений, в том числе автотранспортных магистралей.

Задачи работы:

- отобрать пробы почвы с участков, расположенных на разном удалении от автомобильной дороги, дать их характеристику и определить примерный тип;
- проверить на всхожесть семена растения-индикатора - кресс-салата;
- определить процент всходов семян в различных образцах почв, взятых на различном удалении от автомагистрали;
- оценить морфологические изменения для растений, интенсивность роста побегов и степень развития растений для различных почвенных образцов;

- провести простейший анализ механического состава почвы отобранных проб, сопоставить данные биоиндикации с результатами анализа;
- проанализировать полученные результаты и сделать выводы о токсичности почвы с разных участков.

Актуальность. Почва - один из главных объектов окружающей среды. С помощью биоиндикации можно достаточно легко оценить степень токсичности почвы.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Методы оценки абиотических и биотических факторов местообитания при помощи биологических систем часто называют биоиндикацией (лат. - indicare - указывать). В соответствии с этим, организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки, называют биоиндикаторами. При биоиндикации изменения биологической системы всегда зависят как от антропогенных, так и от природных факторов среды.

Загрязнение почв - это накопление и распространение в них веществ, не связанных с почвообразованием, относящихся к естественным компонентам (соли, закисляющие вещества, нефть и нефтепродукты, минеральные удобрения и др.), так и загрязнителей – токсикантов (тяжелые металлы, хлорорганические пестициды, радионуклиды) (Муравьев и соавт., 2000). В результате загрязнения почва может стать губительной средой для существующих и находящихся в ней организмов. Загрязнение почв сопровождается распространением загрязнений в другие среды и объекты окружающей среды, в том числе и живой природы.

Прямое поступление вредных веществ из почвы в организм человека ограничено и чаще всего происходит через другие среды, граничащие с почвой (Муравьев и соавт., 2000). Опасные химические элементы, загрязняющие почву (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, селен и др.), и микроэлементы (марганец, медь, кобальт, барий, цинк, никель) поступают как из естественных, так и из антропогенных источников. Для загрязнения почв характерно как прямое (отходы промышленного производства, свалки, пестициды, токсичные продукты и т.д.), так и косвенное загрязнение, возникающее в результате переноса загрязнений из других сред в почву. Атмосферные осадки служат источником тяжелых металлов и кислотных агентов. С талыми, поверхностными или грунтовыми водами в почву попадают загрязнения, содержащиеся на поверхности техногенных зон, городской застройки, автодорог. Таким образом, почва является накопителем различных загрязнений и именно для определения ее токсичности целесообразно использование организмов-биоиндикаторов.

Используемые для целей экологического мониторинга виды-биоиндикаторы должны отвечать следующим требованиям:

- являться доказательно исследованными;
- методически хорошо отработаны;

- иметь адекватный отклик измеряемых параметров на изменение экологической ситуации;
- обладать достаточной чувствительностью;
- зарекомендовать себя как виды-биоиндикаторы в аналогичных исследованиях;
- быть широко распространенными массовыми видами.

В настоящее время растения – индикаторы используют в своих исследованиях и практической деятельности геологии, гидрологии, землеустроители, почвоведы, климатические экологи, лесоводы, археологи и др. Например, с помощью растений удается обнаружить кимберлитовые трубки, скрывающие алмазы. Растения могут служить индикаторами плодородия почв.

Одной из главных причин негативных последствий антропогенного загрязнения природных сред является токсичность загрязняющих веществ для биоты. Именно присутствие токсикантов в окружающей среде приводит к гибели всего живого, выпадению из состава сообществ организмов обитателей чистых зон замене их эврибионтными видами.

К числу наиболее радикальных приёмов относятся методы токсикологического биотестирования. Под биотестом понимается испытание в строго определённых условиях действия вещества или комплекса веществ на организмы посредством регистрации изменений того или иного биологического показателя исследуемого объекта по сравнению с контролем.

С помощью биотестирования можно получить данные о токсичности конкретной пробы, загрязненной химическими веществами антропогенного или природного происхождения. Этот метод позволяет дать реальную оценку токсичности свойств какой-либо среды, обусловленной присутствием комплекса загрязняющих веществ и их метаболитов. Живые организмы всегда в той или иной степени реагируют на изменение окружающей среды, но в ряде случаев это нельзя выявить физическими или химическими методами, так как разрешающие возможности приборов или химических анализов ограничены. Чувствительные же организмы – индикаторы реагируют не только на малые дозы экологического фактора, но и дают адекватную реакцию на воздействие комплекса факторов. Метод основан на реакции тест - культур и позволяет определить токсичное действие тех или иных загрязняющих веществ.

Фитотоксичность почвы — способность почв оказывать угнетающее действие на растения, приводящее к нарушению физиологических процессов, ухудшению качества растительной продукции и снижению ее выхода.

Наиболее часто используемым растением-биоиндикатором является кресс-салат.

Кресс-салат – это однолетняя трава, которая относится к семейству крестоцветных. Существует несколько видов кресс-салата, среди которых есть растения с кудрявыми, изрезанными и цельными листьями. К скороспелым сортам кресс-салата относится посевной, известен он больше всех, поскольку имеет крупные листья. Разной бывает и окраска листьев – от желтовато-зеленой и зеленой

до сизовой. Все сорта кресс-салата имеют практически идентичный химический состав, который может характеризоваться только незначительными отличиями.

Растение содержит в себе витамины группы В, Е, D, РР, А, С, К, а также такие минералы, как кальций, фосфор, йод, железо, магний. Достаточно высокое содержание в кресс-салате и белков, эфирных масел, углеводов, сахаров, алкалоида лецитина, гликозида пропосолина, жирных масел и флавоноидов.

Полезные свойства кресс-салата при регулярном употреблении гарантируют улучшение аппетита, приведение в норму кровяного давления, выведение шлаков и токсинов, регулирование пищеварения. В течение долгого времени в народной медицине кресс-салат применяется как противовоспалительное и общеукрепляющее средство. Для него характерны также ранозаживляющие, отхаркивающие, мочегонные, противосклеротичные и успокаивающие свойства. Кресс-салат обладает и антиоксидантными свойствами, благодаря чему может использоваться для борьбы с депрессивными состояниями, снижать возможность развития рака и улучшать сон.

Тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. В перспективе они могут стать более опасными, чем отходы атомных электростанций и твердые отходы. Загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. Тяжелые металлы относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах.

Самыми мощными поставщиками отходов, обогащенных металлами, являются предприятия по выплавке цветных металлов (алюминиевые, глиноземные, медно-цинковые, свинцово-плавильные, никелевые, титано-магниевого, ртутные и др.), а также по переработке цветных металлов (радиотехнические, электротехнические, приборостроительные, гальванические и пр.).

Такие элементы, как железо, марганец, медь, цинк, молибден и, возможно, кобальт, очень важны для жизни растений и, следовательно, для животных и человека.

Все микроэлементы могут оказывать отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы. Некоторые тяжелые металлы, например, ртуть, свинец и кадмий, которые, по всей видимости, не очень важны для растений и животных, опасны для здоровья человека даже при низких концентрациях.

Актуальность проблемы воздействия тяжелых металлов на почвенные микроорганизмы определяется тем, что именно в почве сосредоточена большая часть всех процессов минерализации органических остатков, обеспечивающих сопряжение биологического и геологического круговорота. Почва является экологическим узлом связей биосферы, в котором наиболее интенсивно протекает взаимодействие живой и неживой материи.

Выхлопные газы транспортных средств, вывоз в поле или станции очистки сточных вод, орошение сточными водами, отходы, остатки и выбросы при эксплуатации шахт и промышленных площадок, внесение фосфорных и органических удобрений, применение пестицидов и т.д. привели к увеличению концентраций тяжелых металлов в почве.

Опасность загрязнения почв и растений зависит: от вида растений; форм химических соединений в почве; присутствия элементов противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий. Следовательно, отрицательное влияние тяжелых металлов зависит, по существу, от их подвижности, т.е. растворимости.

К факторам, способствующим удержанию тяжелых металлов почвой относятся: обменная адсорбция поверхности глины и гумуса, формирование комплексных соединений с гумусом, адсорбция поверхностная и окклюзирование (растворяющие или поглощающие способности газов расплавленными или твердыми металлами) гидратированными оксидами алюминия, железа, марганца и т.д., а также формирование нерастворимых соединений, особенно при восстановлении.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в 2020-2021 учебном году в период с октября 2020 года по май 2021 года.

В данных исследованиях проведено биотестирование различных образцов почвы. В ходе эксперимента определялись загрязнение почвы и её фитотоксичность методом биотестирования по проросткам кресс-салата. Достоинствами указанного способа являются его простота и оперативность.

В качестве района исследований были выбраны точки, расположенные на трассе Иваново-Владимир (отбор почвенных образцов производился на обочине дороги, на расстояниях 50 и 100 м от обочины), в поле возле д. Щипоусиха (Лежневский район), вблизи автозаправки и в центре города Иваново (перекресток ул. Дзержинского и пр. Ленина), а также в сквер у тренажеров в непосредственной близости от перекрестка. В качестве контроля – инертного субстрата - использовался вермикулит.

По методике, предложенной Т.Я. Ашихминой (2012), нами определялся уровень загрязнения почв, взятых с различных участков. Отбор проб почв производился методом «конвертов». Для получения представительной пробы (2 кг) почву отбирали на местности в точках, расположенных по углам и в центре определенного квадрата в так называемом корнеобитаемом горизонте. Глубина отбора составляла 15-25 см. Отбор проводился вместе с дерном. Затем проба помещалась в стеклянную емкость. Емкость закрывали и прикрепляли к ней бирку с указанием даты и места отбора.

Отобранную в исследуемых точках почву разделяли на две части по 1 кг. Одна из частей использовалась для определения механического состава и

непосредственно использовалась для проведения опыта по биотестированию. Другая часть подготавливалась для проведения анализа механического состава.

Для оценки механического состава (класса) и некоторых свойств почвы мы использовали следующую таблицу (Куприяновская А.П., Кобелева Н.А., 2010).

Таблица 1

Оценка механического состава и некоторых свойств почвы (Куприяновская А.П., Кобелева Н.А., 2010)

Класс	В сухом состоянии	Во влажном состоянии	При скатывании	Разновидности
Песок	Сыпучая масса	Непластичен	В шарики не скатывается	Встречается глинистый песок. От песка отличается некоторой связностью, содержит комочки различной плотности
Супесь	Встречаются непрочные комочки, рассыпаются при легком прикосновении	То же	Раскатывается в толстые веревочки более 5 мм в диаметре	
Легкий суглинок	Образует комочки, легко раздавливаются между пальцами	Слабопластичен	Раскатываются в веревочки d=2-5 мм, при дальнейшем раскатывании – распадаются	1)песчанистые - при растирании между пальцами прощупывается много песчинок 2)пылеватые - песчинки не прощупываются или встречаются единичные
Средний суглинок	Комки раздавливаются между пальцами с некоторым усилием и довольно легко на твердом предмете	Пластичен	Веревочки d=2-1 мм, при дальнейшем раскатывании - распадаются	3) лессовидные - прощупывается мягкая, бархатистая масса, напоминающая крахмал
Тяжелый суглинок	Образует прочные комочки и глыбы, мелкие комочки раздавливаются пальцем на твердом предмете, но не даются между пальцами	Пластичен	Веревочки d=1-0,5 мм	
Глина	Комочки не раздавливаются на твердом предмете	Очень вязкая, мажущая, липкая	Ниточки диаметром 0,5мм	

Прежде чем ставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью кресс-салата, партию семян, предназначенных для опытов, мы проверили на всхожесть. Для этого семена кресс-салата проращивались в чашках Петри, в которые положили смоченную вату и разложили по 50 семян. Сверху семена покрывали фильтровальной бумагой и неплотно закрывали стеклом. Затем проращивали их при комнатной температуре в течение 3 суток. Процент проросших

от числа посеянных (всхожесть) составил 98%, что даже выше нормы (95%). Следовательно, данная партия семян пригодна для проведения тестирования.

Эксперимент по определению токсичности почв проводился в течение 10 дней. Для опыта использовался кресс-салат сорта «Дема» фирмы «Евро-семена». Работа велась по методике Т.Я. Ашихминой (2012).

По окончании опыта растения осторожно вынимали из земли, просушивали, тщательно стряхивали остатки почвы и измеряли окончательную длину наземной части растений и длину корней.

Ход эксперимента:

После определения всхожести семян приступали к проведению эксперимента, закладывая опыты в следующей последовательности.

1. Емкость заполняли до половины исследуемым субстратом (почвой). В другую чашку клали такой же объём другого субстрата, который служил в качестве контроля по отношению к исследуемому материалу.

2. Субстраты во всех чашках увлажняли одним и тем же количеством отстоянной водопроводной воды до появления признаков насыщения.

3. В каждую чашку на поверхность субстрата укладывали по 50 семян кресс-салата. Расстояние между соседними семенами должно быть по возможности одинаковым

4. Покрывали семена теми же субстратами, насыпая их почти до краёв емкостей и аккуратно разравнивая поверхность.

5. Увлажняли верхние слои субстратов до влажности нижних.

6. В течение 10 дней наблюдали за прорастанием семян, поддерживая влажность субстратов примерно на одном уровне. Результаты наблюдений записывали в таблицу.

Результаты заносились в таблицу (табл. 2)

Таблица 2. Скорость прорастания семян кресс-салата

Исследуемый субстрат	Число проросших семян, %				
	2 сут.	4 сут.	6 сут.	8 сут.	10 сут.
Опыт 1					
Опыт 2 и т.д.					

В зависимости от результатов опыта по методике Т.Я. Ашихминой субстратам присваивают один из четырёх уровней загрязнения.

В зависимости от результатов всхожести растений в опыте субстрату присваивался один из 4 уровней загрязнения: 1. **Загрязнение отсутствует:** всхожесть семян 90—100 %, всходы дружные, крепкие, ровные; 2. **Слабое загрязнение:** всхожесть семян 60—90 %, проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные; 3. **Среднее загрязнение:** всхожесть 20—60 %, проростки короче и тоньше, некоторые проростки имеют уродства; 4. **Сильное загрязнение:** всхожесть семян очень слабая, менее 20 %, проростки мелкие и уродливые (Опекунова, 2004).

При проведении опытов с кресс-салатом следует учитывать, что большое влияние на всхожесть семян и качество проростков оказывают водно-воздушный

режим и плодородие субстрата. В гумусированной, хорошо аэрированной почве (чернозём, верхний горизонт серой лесной почвы) всхожесть и качество проростков всегда лучше, чем в тяжёлой глинистой почве, которая из-за малой проницаемости для воды и воздуха имеет плохой водно-воздушный режим. Поэтому в качестве субстрата для контроля следует брать почву того же типа, что и для опытов.

На основании полученных результатов рассчитывался показатель фитотоксического эффекта субстрата, который определялся по формуле: $\Phi = (N_k - N_o) / N_k * 100\%$, где N_k – значения показателя в контроле, N_o – значение показателя в опыте

Интерпретация результатов была проведена в соответствии со шкалой Н.Б. Максимовой и др. (2003):

< 20 – фитотоксичность не проявляется;

20-40 – слабая фитотоксичность;

40-60 – средняя фитотоксичность;

> 60 – сильная фитотоксичность.

Если фитоэффект составляет 20% и более, то фитотоксическое действие считается доказанным (Максимова, 2003).

Статистическая обработка результатов

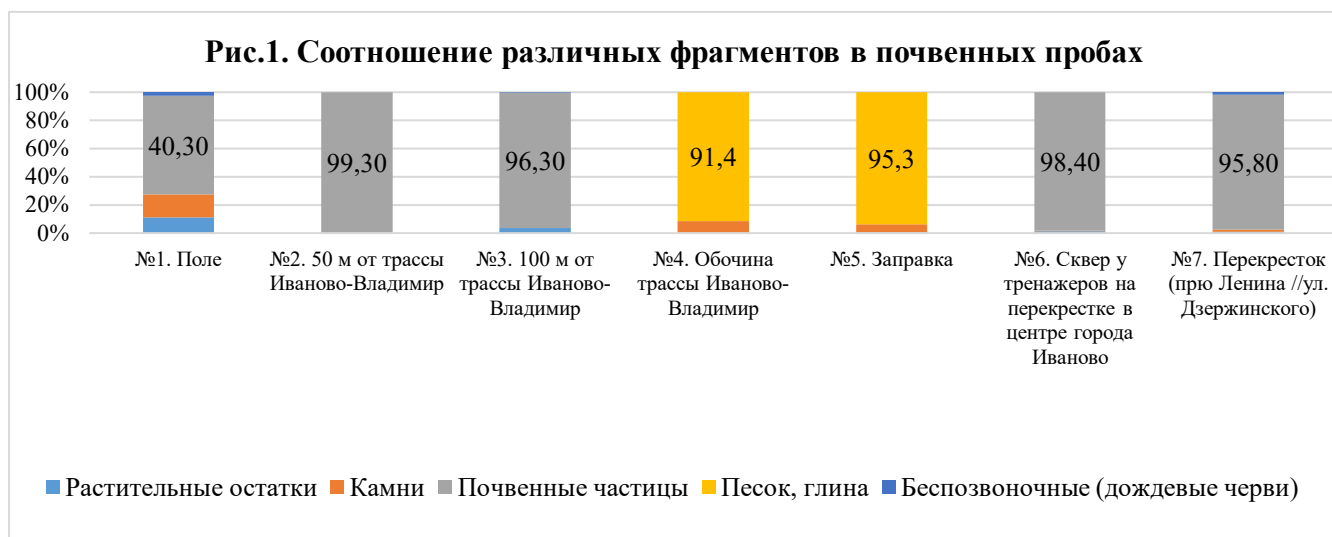
Полученные результаты всех измерений были занесены в таблицы, с которыми работали в операционном обеспечении MS Microsoft Excel 2017. Показатели длин наземной части и подземной части суммировались в каждой пробе и выводилось среднее значение. Результаты всех проб сравнивались между собой. Были построены гистограммы для наглядности получившихся результатов.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Перед началом работы мы провели простейший анализ почвы. Почва просеивалась, затем проверялась на влагоемкость. Структура почвы рассматривалась под микроскопом, проводилась ее сравнительная оценка.

На фотографиях, сделанных под микроскопом, отчетливо виден состав почвы с различным точек (рис. 2-15).

Проба почвы, взятая с обочины трассы Иваново-Владимир, является глинистой, влагоемкой, плотной, легко скатывается в шнур, слабо структурирована. На расстоянии 50м от трассы почва суглинистая, влагоемкая, также скатывается в шнур, однако здесь она более структурирована, в почве присутствуют песок. На расстоянии 100м от трассы структура почвы еще больше улучшается, частицы более мелкие, влагоемкость высокая, почва также скатывается в шнур, однако хуже, чем для двух первых проб. Почва, взятая с поля, также является суглинистой, встречаются песок, отличается хорошей влагоемкостью и воздухопроницаемостью. Присутствует значительно количество растительных остатков.



Почва с заправки отличается большим количеством песка и мелких камешков, слабо структурирована, в шнур практически не скатывается.

Наиболее структурированной и богатой гумусом является почва из сквера у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново, которая, по сути, является привозной. Почва с перекрестка содержит значительное количество песка, мелких камней и отсева (рис.1, табл. 3).

В качестве контрольного субстрата был использован инертный субстрат – вермикулит (рис. 16-17).

Таблица 3






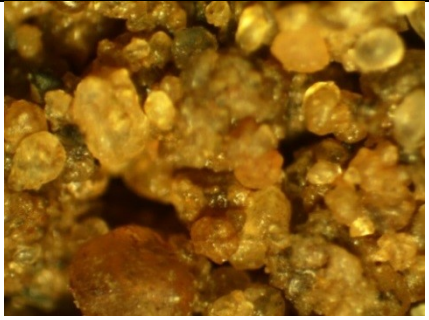
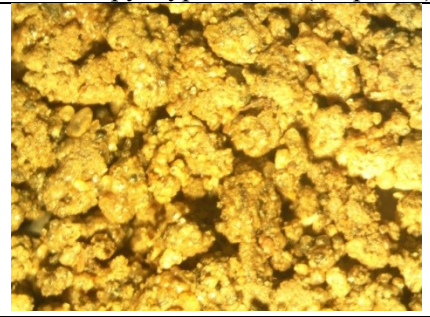
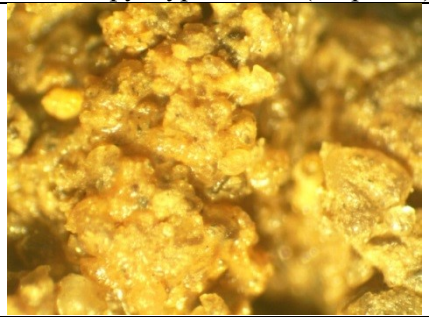
Содержание различных фрагментов в образцах почвы

№ пробы / место отбора	Растительные остатки	Камни	Почвенные частицы	Песок, глина	Беспозвоночные (дождевые черви)
№1. Поле	6,5	9,2	40,3	0	1,4
№2. 50 м от трассы Иваново-Владимир	0,1	0,6	99,3	0	0
№3. 100 м от трассы Иваново-Владимир	3,5		96,3	0	0,2
№4. Обочина трассы Иваново-Владимир	0,2	8,4	0	91,4	0
№5. Заправка	0,7	5,8	0	95,3	0
№6. Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново	1,2	0,4	98,4	0	0
№7. Перекресток (пр. Ленина // ул. Дзержинского)	1,1	1,5	95,8	0	1,6

Почвенные частицы (структурированная почва) преобладают в пробах №1 (рис.12-13), №2 (рис.2-3), №3 (рис.4-5), №6 (рис.14-15), №7 (рис.10-11). Хотя для

пробы №1 (рис.12-13) (поле) и доля составляет менее 70%, высока доля примесей (камней), что свидетельствует о низком качестве почв. Растительные остатки здесь составляют около 11%. Песок и глина преобладают в пробах №5 (рис.8-9) и №4 (рис.6-7). Значительная примесь камней присутствует в пробе №1 (рис.12-13), а также в пробах №5 (рис.8-9) и №4 (рис.6-7).

Беспозвоночные (дождевые черви) присутствуют лишь в пробах №1 (рис.12-13), №3 (рис.4-5), №7 (рис.10-11), что может говорить об их плодородии и богатстве питательными веществами.

	
<p>Рис.2. Структура почвы (50 метров от трассы Иваново-Владимир)</p>	<p>Рис.3. Структура почвы (50 метров от трассы Иваново-Владимир)</p>
	
<p>Рис.4. Структура почвы (100 метров от трассы Иваново-Владимир)</p>	<p>Рис.5. Структура почвы (100 метров от трассы Иваново-Владимир)</p>
	
<p>Рис.6. Структура почвы (заправки)</p>	<p>Рис.7. Структура почвы (заправки)</p>
	
<p>Рис.8. Структура почвы (Обочина трассы Иваново-Владимир)</p>	<p>Рис.9. Структура почвы (Обочина трассы Иваново-Владимир)</p>

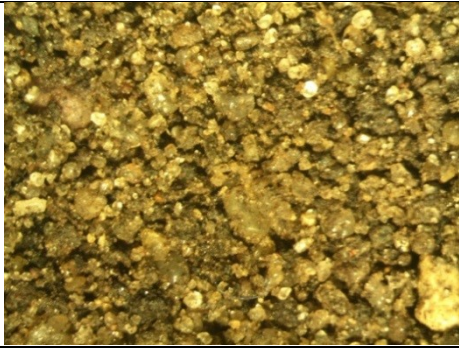


Рис.10. Перекресток (пр. Ленина/ул. Дзержинского)



Рис.11. Перекресток (пр. Ленина/ул. Дзержинского)

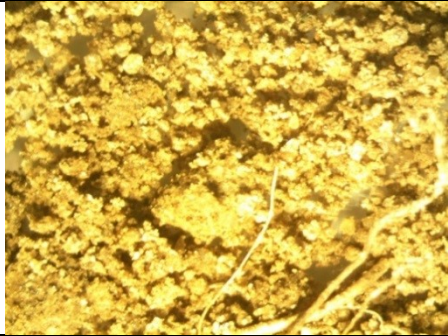


Рис.12. Поле

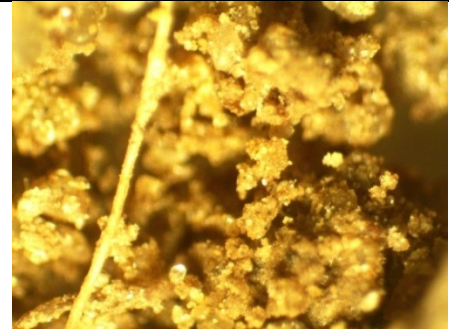


Рис.13. Поле

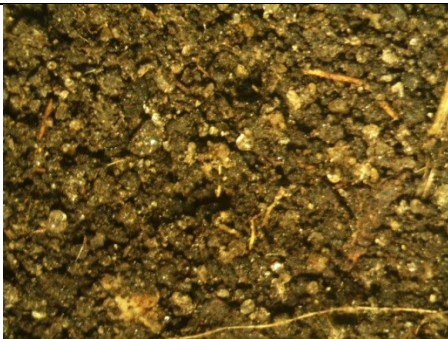


Рис.14. Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново

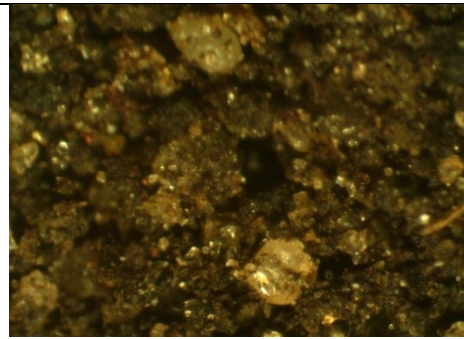


Рис.15. Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново



Рис.16 Контроль (Вермикулит)



Рис.17 Контроль(Вермикулит)

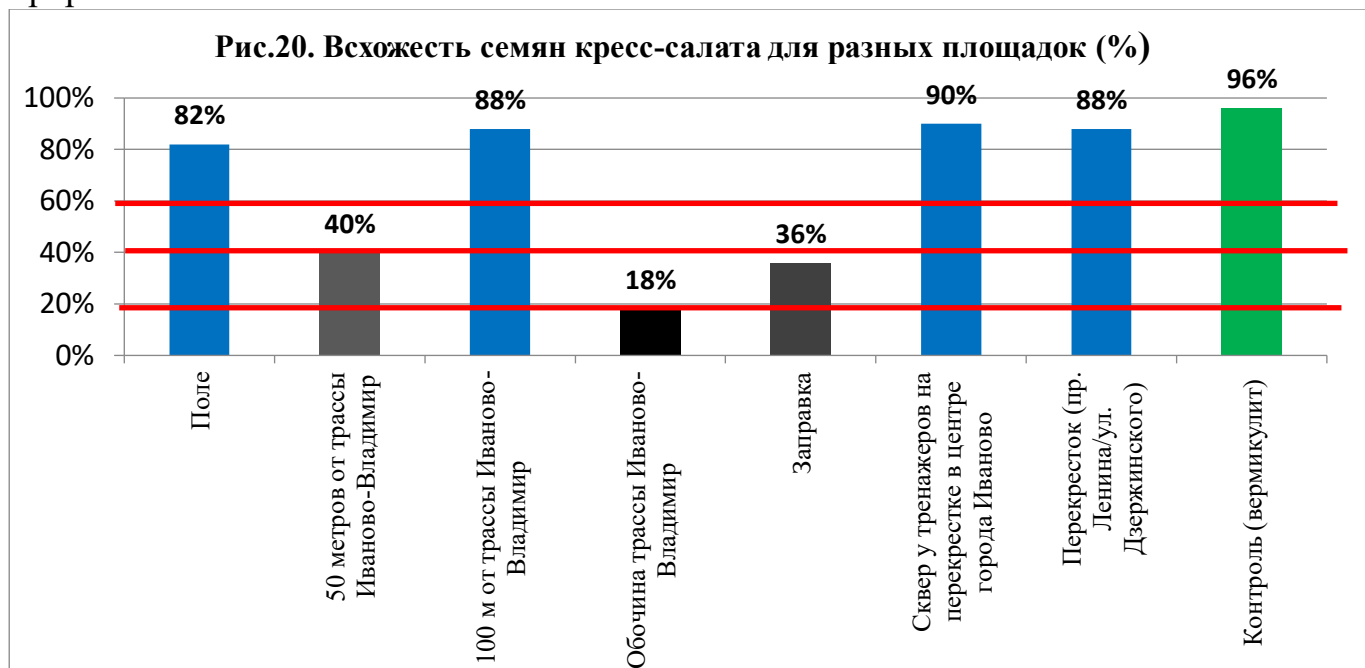


Рис. 18.Посев семян



Рис.19.Увлажнение

По окончании периода проращивания была оценена всхожесть растений кресс-салата, а также проведены измерения надземной и подземной части проростков.



Данные по количеству проросших растений и оценка всхожести представлены на рисунке 20 и в таблице 4.

В контроле (вермикулит) (рис.20) всхожесть семян кресс-салата составила 96%. Загрязнение отсутствует (всхожесть составила 90-100%).

Слабое загрязнение (60-90%) присутствует в большинстве (5 из 7) проб почвы (рис. 20). Для субстрата, взятого в поле, всхожесть семян составляет лишь 82%, что говорит о возможном присутствии загрязнения. Наиболее чистыми оказались пробы из сквера и на перекрестке в центре города, что говорит о достаточно слабом загрязнении и, возможно, привнесенной извне почве. Эти показатели составили соответственно 90% и 88 %. Для участка на удалении 100м от трассы Иваново-Владимир всхожесть составила 88%, то есть здесь загрязнение оказалось незначительным.

Наиболее высокий уровень загрязнения (**сильное загрязнение**) оказался для обочины трассы Иваново-Владимир. Почва здесь глинистая, всхожесть составила всего 18%, что соответствует высокому уровню загрязнения.

Средний уровень загрязнения (20-60%) характерен для территории заправки - всхожесть составила 36% и для участка, расположенного на удалении 50 метров от трассы Иваново-Владимир (40%).

Таблица 4

Показатели всхожести семян кресс-салата и оценка загрязнения почвы

№ пробы	Место	Всхожесть, шт. (количество)	Всхожесть (%)	Оценка загрязнения субстрата
1	Поле	41	82%	Слабое загрязнение
2	50 метров от трассы Иваново-Владимир	20	40%	Среднее загрязнение

3	100 м от трассы Иваново-Владимир	44	88%	Слабое загрязнение
4	Обочина трассы Иваново-Владимир	9	18%	Сильное загрязнение
5	У заправки	18	36%	Среднее загрязнение
6	Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново	45	90%	Слабое загрязнение
7	Перекресток (пр. Ленина // ул. Дзержинского)	44	88%	Слабое загрязнение
8	Контроль (вермикулит)	48	96%	Загрязнение отсутствует

Рис.21. Длина подземной части (мм) для разных площадок

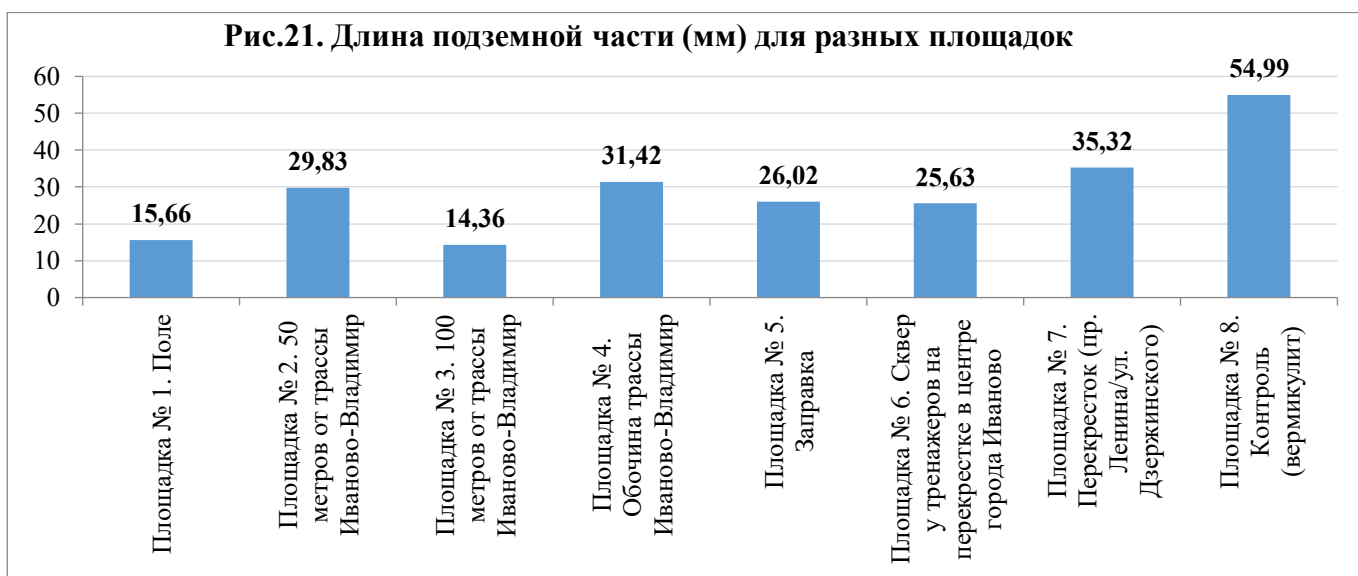
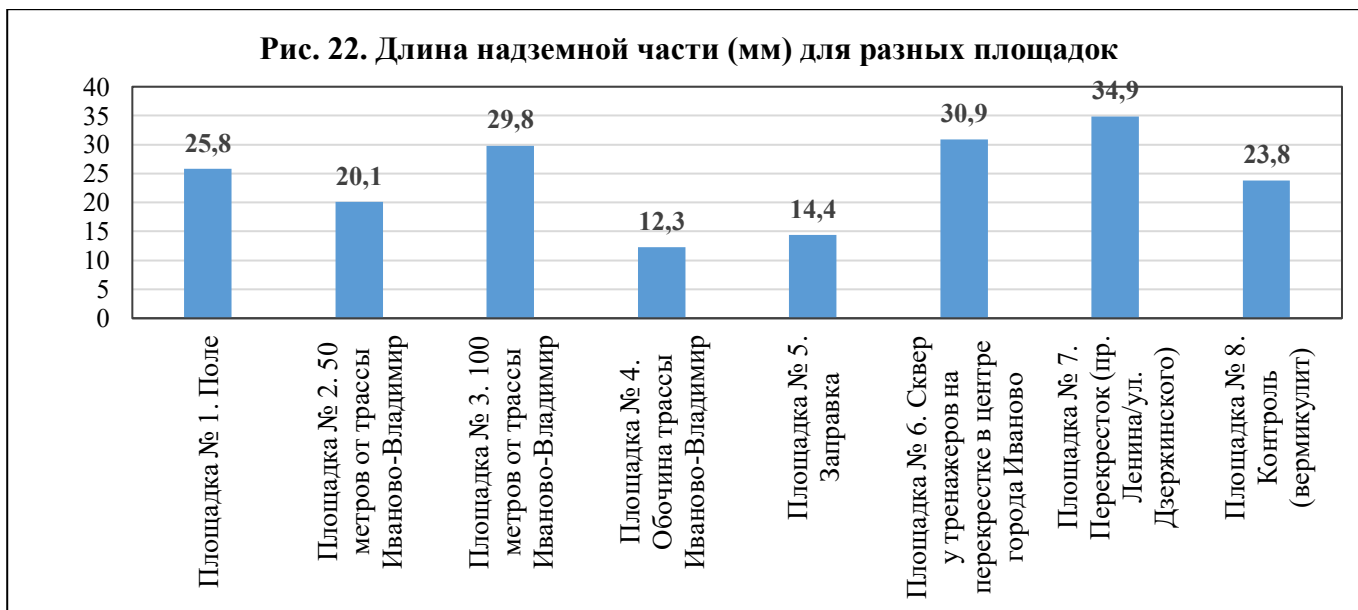


Рис. 22. Длина надземной части (мм) для разных площадок



После окончания опыта было проведено измерение подземной и надземной части проростков растений. Результаты измерений представлены в Приложении.

На основании расчетов средних показателей длин проростков были построены гистограммы (рис. 21 и рис. 22).

Оценивая средние биометрические данные подземной части кресс-салата, мы видим, что по сравнению с контрольной группой, практически на всех площадках они значительно отличаются (рис. 21).

Для наземной части растений (рис. 22) максимальные показатели отмечены на площадках №6 и №7. Вероятно, что это может быть связано с тем, что на данных участках присутствует привоз плодородного грунта на газоны. Это обеспечило дополнительное питание для растений. Низкое значение наземной части растений в контроле может быть обусловлено отсутствием питательных веществ в контрольном субстрате. Минимальные значения для проб №4 и №5 связаны с присутствием в почве большого количества загрязняющих веществ.

В нашей работе мы провели оценку степени фитотоксичности почв по всхожести растений. Результаты расчета коэффициента фитотоксичности представлены в таблице 5.

Таблица 5

Показатели всхожести семян кресс-салата для различных проб

№ пробы	Место	Всхожесть (количество)	Всхожесть (%)	Коэффициент фитотоксичности субстрата(%)	Степень фитотоксичности
1	Поле	41	82%	14,58%	Фитотоксичность не проявляется
2	50 метров от трассы Иваново-Владимир	20	40%	58,33%	Средняя фитотоксичность
3	100 м от трассы Иваново-Владимир	44	88%	8,33%	Фитотоксичность не проявляется
4	Обочина трассы Иваново-Владимир	9	18%	81,25%	Сильная фитотоксичность
5	У заправки	18	36%	62,5%	Сильная фитотоксичность
6	Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново	45	90%	6,25%	Фитотоксичность не проявляется
7	Перекресток (пр. Ленина //ул. Дзержинского)	44	88%	8,33%	Фитотоксичность не проявляется
8	Контроль (вермикулит)	48	96%	-	-

Интерпретация результатов была проведена в соответствии со шкалой Н.Б. Максимовой и др. (2003):

- < 20 – фитотоксичность не проявляется;
- 20-40 – слабая фитотоксичность;
- 40-60 – средняя фитотоксичность;

> 60 – сильная фитотоксичность.

Если фитоэффект составляет 20% и более, то фитотоксическое действие считается доказанным (Максимова, 2003).

По результатам расчетов для площадки в 50 метрах наблюдается средняя фитотоксичность почвы (табл. 5). На обочине трассы Иваново-Владимир, и у заправки наблюдается сильная фитотоксичность почвы. Для остальных точек коэффициент фитотоксичности субстрата составил менее 20%.

Таблица 6

Сопоставление результатов оценки загрязненности субстрата разными методиками

№ пробы	Точки отбора проб	Методика оценки загрязненности субстрата	
		Оценка загрязнения субстрата по всхожести семян	По степени фитотоксичности
1	Поле	Слабое загрязнение	Фитотоксичность не проявляется
2	50 метров от трассы Иваново-Владимир	Среднее загрязнение	Средняя фитотоксичность
3	100 м от трассы Иваново-Владимир	Слабое загрязнение	Фитотоксичность не проявляется
4	Обочина трассы Иваново-Владимир	Сильное загрязнение	Сильная фитотоксичность
5	У заправки	Среднее загрязнение	Сильная фитотоксичность
6	Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново	Слабое загрязнение	Фитотоксичность не проявляется
7	Перекресток (пр. Ленина //ул. Дзержинского)	Слабое загрязнение	Фитотоксичность не проявляется

Сопоставив результаты, полученные с помощью двух методик, мы отмечаем, что метод оценки по степени фитотоксичности является более чувствительным (табл. 6). Так, для точки №5 он показал сильную токсичность субстрата, тогда как по всхожести только среднюю степень загрязнения. Для двух точек (№2 и №4) результаты оказались однозначными.

ВЫВОДЫ:

1. Для семян кресс-салата, высеянных на почве из проб № 1 (поле), №3 (100 м от дороги), № 6 и № 7 (г. Иваново), всхожесть оказалась высокой, что говорит о низкой степени загрязненности. Максимальная всхожесть семян отмечена в контроле.

2. Наиболее загрязненными оказались пробы почвы №2 (50 м от трассы Иваново-Владимир), №4 (обочина трассы Иваново-Владимир), №5 (Заправка), всхожесть семян оказалась низкой. Минимальная всхожесть семян отмечена в пробе номер 4 (обочина трассы Иваново-Владимир).

3. Высокая фитотоксичность отмечена для проб №4 (обочина трассы Иваново-Владимир), №5 (заправка), средний уровень фитотоксичности характерен для пробы №2 (50 м от трассы Иваново-Владимир). В остальных пробах фитотоксичность не

проявляется, что подтверждает вывод о загрязненности почв вблизи дорог и заправок.

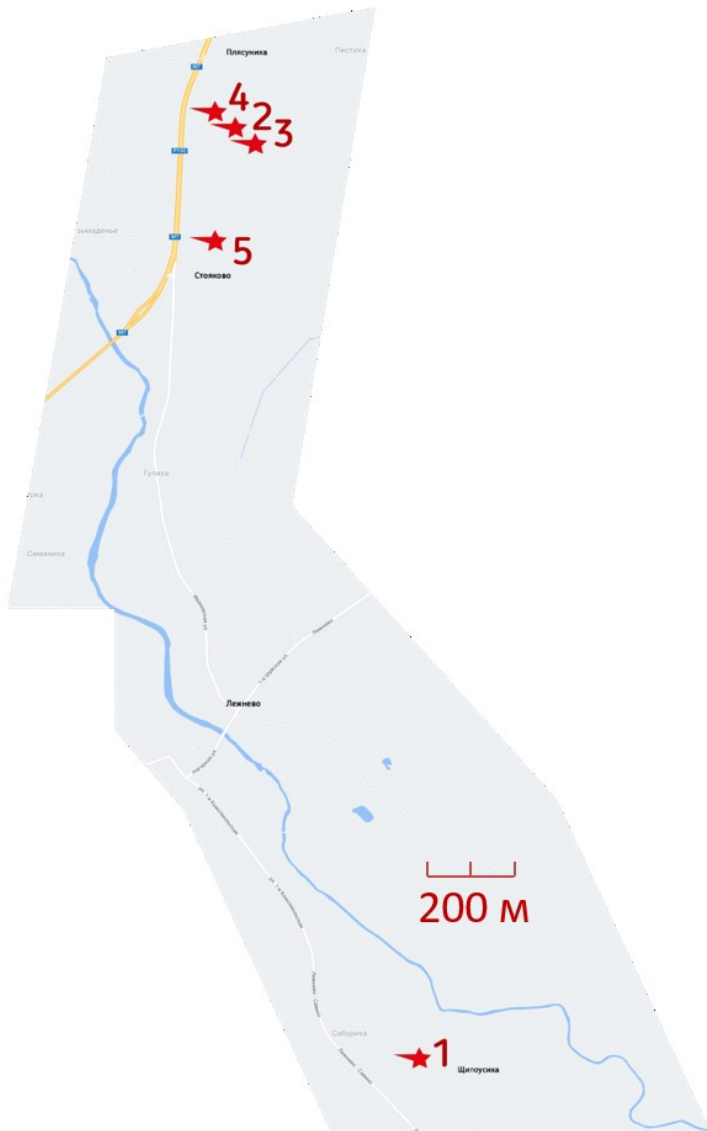
4. На участках с высокой степенью загрязнённости длина подземной части уменьшается, что связано как со структурой грунта, так и с загрязнением. Минимальные показатели отмечены для площадки № 1 (поле) и площадки № 3 (100 м от трассы). Максимальный показатель характерен для контроля, что говорит об отсутствии загрязнения. Для контроля отмечен минимальный размер надземной части, вследствие нехватки питательных веществ.

5. Длина надземной части увеличивается для точек с низким уровнем загрязнения и структурированной почвой. Оптимальное соотношение надземной и подземной части отмечено для площадки №3, с плодородной почвой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно- методическое пособие. Киров: ООО «Типография «Старая вятка», 2012. С. 3-10.
2. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение. Брянск: БГУ, 2004.
3. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. М.: МГУ, 1985.
4. Максимова, Н.Б. Морковкин Г.Г., Лаврентьева А.А. Оценка токсичности и загрязненности почв методом фитоиндикации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008.
5. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / Под ред. А.Г. Муравьева. СПб.: «Крисмас+», 2000.
6. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений. СПб.: СПбГУ, 2004.
7. Рыжов И.Н. Школьный экологический мониторинг: учебное пособие. / И.Н. Рыжов, Г.А. Ягодин – М.: Галактика, 2000.
8. Федорова А.И., Никольская А.Н. Автотранспорт – основной загрязнитель биосферы больших городов. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: ВЛАДОС, 2001.
9. Яковишина Т.Ф. Экотоксикологическая оценка городских почв методом биотестирования / Universum: химия и биология, 2015. №8 (16).

Места отбора почвенных проб



Лежневский район:

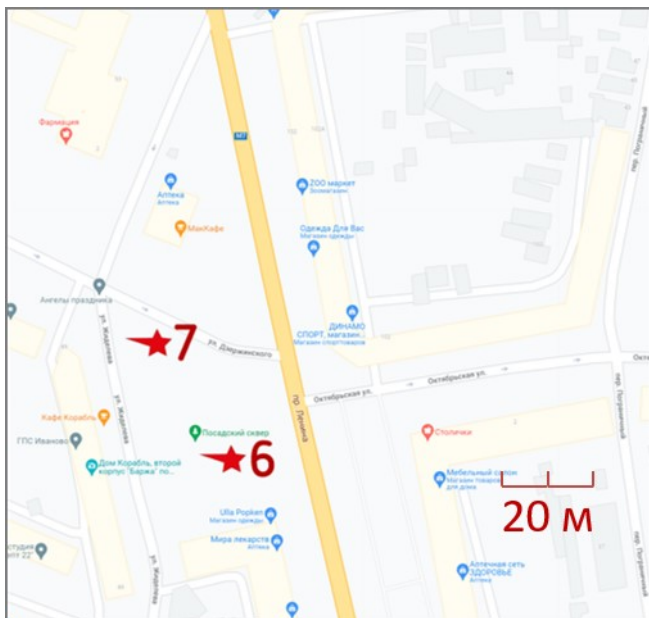
№1. Поле

№2. 50 м от трассы Иваново-Владимир

№3. 100 м от трассы Иваново-Владимир

№4. Обочина трассы Иваново-Владимир

№5. Заправка



г. Иваново:

№6. Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново

№7. Перекресток (пр. Ленина /ул. Дзержинского)

Площадка № 1		
Поле		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	7,5	31,8
2	67,6	26,0
3	17,8	29,7
4	9,5	33,4
5	12,6	20,1
6	7,6	22,9
7	11,8	34,8
8	11,1	20,9
9	9,1	24,3
10	17,3	22,3
11	22,8	25,4
12	9,6	22,8
13	11,7	27,0
14	18,6	26,0
15	20,5	23,6
16	9,9	33,5
17	10,7	36,9
18	7,5	30,3
19	15,0	18,8
20	27,8	23,1
21	31,6	32,1
22	11,7	33,7
23	20,0	21,9
24	9,9	18,5
25	15,1	26,7
26	5,9	10,4
27	18,5	26,8
28	8,0	17,9
29	12,4	31,1
30	13,1	21,8
31	16,3	18,6
32	21,3	36,1
33	16,5	23,2
34	14,0	16,2
35	16,2	27,7
36	20,5	36,6
37	15,3	30,1
38	15,9	22,2
39	16,2	29,5
40	11,5	23,4
41	6,3	21,7

Площадка № 2		
50 метров от трассы Иваново-Владимир		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	23,1	21,9
2	38,0	30,8
3	59,9	32,2
4	42,1	20,3
5	30,1	32,0
6	51,1	32,1
7	47,2	18,1
8	38,6	32,1
9	41,3	12,8
10	39,4	10,5
11	15,6	19,0
12	18,5	13,8
13	38,6	30,5
14	54,1	32,7
15	17,5	16,9
16	20,5	29,5
17	1,1	4,4
18	15,1	5,6
19	4,7	2,9
20	0,1	5,0

Площадка №3. 100 метров от трассы Иваново-Владимир		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	27,6	16,5
2	21,6	26,5
3	11,9	25,5
4	11,5	34,5
5	11,2	32,5
6	6,5	23,4
7	17,5	26,3
8	11,7	34,8
9	12,3	34,1
10	17,5	31,7
11	16,2	27,1
12	6,2	25,8
13	9,8	21,3
14	9,6	26,9
15	12,6	30,0
16	14,9	28,9
17	18,3	23,4
18	9,3	28,4
19	7,9	32,3
20	13,3	32,3
21	7,7	24,3
22	5,1	36,7
23	13,0	27,0
24	14,7	31,4
25	14,8	28,4
26	19,6	36,3
27	16,4	25,6
28	21,5	27,7
29	19,3	24,9
30	15,7	41,4
31	17,8	35,5
32	10,4	25,7
33	19,5	28,3
34	8,7	42,4
35	9,8	33,8
36	41,9	39,3
37	10,7	30,4
38	14,0	33,5
39	16,9	36,4
40	18,3	31,8
41	18,0	32,2
42	11,8	32,0
43	3,2	25,2
44	15,8	19,6

Площадка №4. Обочина трассы Иваново-Владимир		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	33,2	15,2
2	48,6	17,4
3	16,4	4,0
4	45,4	20,8
5	40,8	7,9
6	26,3	20,1
7	47,0	13,0
8	7,5	6,0
9	17,6	6,8

Площадка № 5. Заправка		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	40,3	14,2
2	24,5	13,8
3	18,4	27,5
4	20,9	13,6
5	44,0	19,1
6	38,0	20,0
7	47,7	14,1
8	23,8	22,6
9	14,4	13,2
10	17,2	10,6
11	37,1	14,3
12	17,9	8,5
13	11,3	7,6
14	50,0	22,7
15	28,2	15,4
16	12,4	8,6
17	22,2	9,7
18	0,1	4,2

Площадка № 6. Сквер у тренажеров на перекрестке в центре города Иваново		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	5,1	11,6
2	40,5	33,1
3	18,1	46,3
4	37,1	33,1
5	33,1	29,9
6	31,6	25,0
7	17,1	33,4
8	14,0	36,6
9	39,7	37,8
10	36,0	27,1
11	25,1	27,1
12	14,3	30,5
13	17,3	31,3
14	3,5	18,5
15	32,9	26,2
16	14,5	40,6
17	22,9	26,9
18	24,7	26,8
19	15,0	29,7
20	28,8	27,1
21	23,4	25,7
22	41,2	34,1
23	26,9	31,2
24	31,8	28,1
25	31,8	34,8
26	34,2	22,5
27	33,8	25,5
28	20,7	30,7
29	15,9	29,9
30	31,8	36,6
31	23,3	28,6
32	29,2	30,0
33	21,8	28,1
34	42,2	33,8
35	25,4	32,5
36	26,2	30,0
37	24,2	28,9
38	24,2	28,9
39	32,4	34,7
40	24,7	30,8
41	17,8	42,2
42	20,7	36,0
43	29,8	34,4
44	31,7	39,3
45	16,8	37,0

Площадка № 7. Перекресток (пр. Ленина/ул. Дзержинского)		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	27,3	33,0
2	37,8	44,4
3	58,8	36,3
4	26,1	41,7
5	50,3	36,9
6	27,4	36,9
7	30,1	35,2
8	23,1	21,3
9	43,9	34,4
10	40,3	35,2
11	20,8	34,3
12	47,0	41,1
13	48,7	40,7
14	41,2	37,0
15	57,9	44,5
16	58,8	45,7
17	23,3	34,5
18	25,1	35,4
19	40,6	32,9
20	33,3	29,4
21	46,1	42,8
22	37,7	36,4
23	40,3	36,9
24	51,0	34,0
25	40,5	38,8
26	63,3	36,0
27	40,3	29,2
28	44,9	29,6
29	32,4	44,2
30	26,5	28,8
31	23,9	40,5
32	21,4	35,0
33	25,8	23,0
34	55,0	39,2
35	29,1	35,6
36	40,9	32,7
37	9,6	30,6
38	23,0	23,5
39	24,9	21,9
40	25,0	32,7
41	22,9	27,9
42	27,7	39,9
43	22,0	39,7
44	18	25,3

Площадка № 8. Контроль (вермикулит)		
№ растения	Длина подземной части (мм)	Длина надземной части (мм)
1	13,7	24,1
2	20,0	16,5
3	48,6	24,9
4	39,9	24,9
5	40,7	22,3
6	44,3	12,4
7	2,8	10,6
8	31,7	21,1
9	30,5	24,9
10	55,8	25,1
11	41,0	21,1
12	6,6	34,1
13	41,4	34,2
14	45,8	14,5
15	84,4	30,6
16	35,1	22,0
17	34,7	29,5
18	75,8	20,8
19	65,8	24,8
20	66,5	21,6
21	105,9	22,6
22	57,4	28,6
23	40,0	10,2
24	65,4	27,8
25	111,9	29,4
26	88,7	26,0
27	39,2	24,9
28	91,6	22,4
29	52,9	32,0
30	48,4	40,0
31	72,8	21,4
32	42,3	19,2
33	77,1	19,4
34	62,5	21,4
35	77,0	27,6
36	73,8	28,9
37	58,6	25,5
38	53,8	22,1
39	69,1	24,1
40	74,6	28,8
41	41,5	18,8
42	57,8	24,3
43	46,5	24,1
44	55,6	20,8
45	82,9	32,4
46	57,8	20,2
47	79,9	21,4
48	29,5	18,4